

Anàlisi de la concentració de lactat en gimnastes. Pautes d'actuació en referència a la pausa interexercicis i la ingesta postentrenament

JUAN ANTONIO LEÓN PRADOS

Facultat de Ciències de l'Educació. Universidad de Sevilla

Resum

Es valora la importància del temps de recuperació entre rutines així com la ingesta postentrenament per afavorir els processos de recuperació entre dues sessions d'entrenament, tot analitzant, per fer-ho, la importància que té la glicòlisi anaeròbica en l'obtenció d'energia, dintre de les activitats desenvolupades en l'entrenament d'aquests gimnastes. Es van analitzar els valors mitjans de lactat obtinguts en 4 gimnastes barons de $17,75 \pm 0,5$ anys, després dels dos minuts de recuperació que seguien a la realització de cadascuna de les tres sèries d'exercicis de competició en tres aparells (anelles, terra i paral·leles), separats entre ells 8 minuts, i també dues mostres de lactat després de 5 i 10 minuts de la finalització de l'última sèrie. Els resultats mostren que s'obtenen valors mitjans de lactat que oscil·len entre els 6,8 i els 9,9 mmol/l durant els 35 minuts que dura el tractament en cada aparell. Es conclou que la participació de les vies anaeròbiques resulta molt important en la gènesi energètica, per la qual cosa la durada i l'activitat realitzada durant la pausa, junt amb la determinada ingesta d'alguns nutrients immediatament després de finalitzar la sessió d'entrenament, afavoreixen una resíntesi més ràpida de determinats substrats energètics desgastats durant l'exercici i accelera la recuperació entre les diferents sèries i entre sessions d'entrenament, la qual cosa possibilita un major potencial de rendiment.

Paraules clau

Gimnàstica artística, Vies energètiques, Lactat, Preparació biològica, Fatiga, Recuperació.

Abstract

We value the importance of the time of recovery between routines as well as the post-training ingestion to favour the recovery processes between two sessions of training. In order to do that we analyse the importance that the anaerobic ways of obtaining energy possess inside the activities developed in the training of these gymnasts. We analyse the mean values of lactate obtained from 4 male gymnasts of $17,75 \pm 0,5$ years after the two minutes of recovery that followed the realization of each one of the three series of competition exercises in three apparatus (rings, floor and parallel bars), separated each other 8 minutes. These values are analysed together with the observations of two lactate samples after 5 and 10 minutes of the end of the last series. The results show that the mean values of lactate obtained range between 6,8 and 9,9 mmol/l during the 35 minutes that the treatment lasts in each apparatus. We can conclude that anaerobic ways play a very important role in the energetic genesis. That is the reason why the length and the activity carried out during the pause, along with the certain intake of some nutrients immediately after the conclusion of the training session, favour a quicker synthesis of the energetic substratum's consumed during the session. This accelerates the recovery and facilitates a bigger potential of performance.

Key words

Artistic Gymnastics, Energy roads, Lactate, Biological preparation, Fatigues, Recovery.

Introducció

La fatiga apareix com un mecanisme de defensa, de protecció, activat en situacions diverses on les funcions orgàniques i cel·lulars es troben deteriorades, i per tant prevé l'aparició de lesions cel·lulars irreversibles i de nombroses lesions esportives, que suposarien un deteriorament irreversible del nostre organisme.

Barbany (1990) defineix la fatiga com un estat funcional de significació protectora, transitori i reversible, expressió d'una resposta d'índole homeostàtica, a través

de la qual s'imposa de manera ineludible la necessitat de cessar o, si més no, de reduir la magnitud de l'esforç o la potència del treball que s'està realitzant. Tanmateix, la fatiga generada mitjançant un entrenament racional i sistematitzat és un estat imprescindible per poder aconseguir respostes d'adaptació que generin un augment del potencial motor general i específic de l'esportista (Terrats i Padilla, 2000).

Els mecanismes que generen la fatiga aguda (la generada després de finalitzar la sessió d'entrenament) o

la fatiga subaguda (generada durant diversos microcicles d'entrenament i com a conseqüència de l'acumulació de l'anterior) poden ser molt diferents en funció de cada modalitat esportiva.

Aquesta fatiga aguda i subaguda apareix en més o menys mesura a dos nivells, segons les característiques dels exercicis realitzats, pel que fa a la seva intensitat relativa i a la potència d'execució, i també segons la seva freqüència i durada; es parla de fatiga a nivell central (Gandevia *et al.*, 1996) quan la causa està per damunt de la placa motriu (i hi ha fallades en l'activitat neural, inhibicions aferents des dels fusos neuromusculars i terminacions nervioses, depressió de l'excitabilitat de la neurona motriu, alteracions de la transmissió de l'impuls sinàptic o fallades en la mateixa sinapsi en la placa motriu per la disminució de l'alliberament del neurotransmissor) i es parla de fatiga a nivell perifèric (Green, 1987) quan afecten les estructures per sota de la placa motriu i incideixen en l'activació muscular (dificultat per desenvolupar el potencial d'acció per dèficit del neurotransmissor i reducció de l'alliberament del calci des del sarcolemma, junt amb l'acumulació d'altres substàncies que interfereixen en la unió calci i troponina-C, tot alterant l'eficàcia de la interacció o acoblament entre l'actina i la miosina en l'activació muscular).

En general, un gimnasta realitza esforços relativament curts i freqüents a una intensitat relativa elevada, i amb un temps d'esforç intens real que, sumat, no ex-

cedeix dels 20 minuts, durant sessions intenses de dues hores (Jemni *et al.* 2003a), i malgrat que pugui semblar un petit volum d'entrenament per produir fatiga, és necessari per a la prevenció de riscos de lesió en realitzar elements que necessiten un alt índex de coordinació i precisió en les seves accions a una alta potència mitjana d'execució, durant un temps que oscil·la en general (exceptuant l'exercici de salt) entre els 25 i els 50 segons. Per això, les principals causes que generaran la fatiga crònica durant l'entrenament aniran associades, en general, a la càrrega suportada en la realització dels exercicis d'entrenament i/o competició en cada aparell (durada i nombre d'elements de força dinàmica o estàtica, volum i intensitat de les sèries acrobàtiques, etc.) i de l'aparell/s que treballi en la sessió d'entrenament (cavall de salt, anelles, terra, barra fixa, cavall amb arcs o paral·leles).

Per tant, coneixent les característiques bioenergètiques de l'esport (*taula 1*), les característiques dels exercicis realitzats i la càrrega suportada pel gimnasta, podrem aproximar-nos millor al tipus de fatiga que es produeix durant l'entrenament o/i la competició.

En gimnàstica artística, es genera una gran fatiga a nivell central, principalment a causa de l'enorme exigència neuromuscular dels exercicis d'entrenament o competició, deguda no solament a l'enorme complexitat coordinativa sinó al fet que són realitzats en la seva majoria amb una alta potència d'execució, o amb nivells de força propers a la seva força estàtica màxima,

Aparells/ Característiques	Terra	Cavall amb arcs	Anelles	Cavall de salt	Paral·leles	Barra Fixa
Exigències Tècniques i coordinatives	Altes o molt altes					
Via Energètica predominant (1)	ATP-CP Anaeròbica làctica	ATP-CP Anaeròbica làctica	ATP-CP Anaeròbica làctica	ATP-CP	ATP-CP Anaeròbica làctica	ATP-CP Anaeròbica làctica
Substrat Energètic predominant (1)	ATP-PCr Glucosa	ATP-PCr Glucosa	ATP-PCr	ATP	ATP-PCr Glucosa	ATP-PCr Glucosa
Esforç Realitzat principalment per	Tren superior i inferior	Tren superior	Tren superior	Tren inferior	Tren superior	Tren superior
Durada mitjana de l'esforç (seg)	De 50 a 70	25-35	25-35	De 4 a 6	25-35	25-35
ATP: ATP muscular; PCr: Fosfat de Creatina (1) Dades adaptades de Kindermann <i>et al.</i> (1979) i Platonov (1991). La principal font d'energia utilitzada és la dels fosfàgens, encara que la glucolítica anaeròbica també es manifesta de forma important a causa de la intensitat i durada de determinats esforços i de la repetició d'aquests en el temps i durant la totalitat de l'entrenament.						

Taula 1

Resum de les característiques bioenergètiques de l'esport.

i també per l'alt grau d'activació psicològica necessària per a la realització de l'exercici, que de vegades suposa per al gimnasta una relativa situació de risc percebut. Per tant, la fatiga a nivell central estarà relacionada amb una disminució de la màxima activació neuronal voluntària, amb alteracions en el reclutament i sincronització de les unitats motrius, cosa que condiciona la capacitat coordinativa, ensems que la depleció dels nivells de PCr, tot condicionant el grau d'eficàcia en les seves accions.

Ahora, també hi ha una gran fatiga a nivell perifèric, a causa de la repetició freqüent en el temps dels exercicis amb les exigències esmentades abans o d'altres, lleugerament menys intensos, que han de mantenir-se en el temps amb una durada de 30 a 50 segons per regla general (excepte en cavall de salt), tot requerint, durant aquest temps, una gran capacitat i potència de les vies metabòliques com la dels fosfàgens i glicòlisi anaeròbica respectivament; com a factors principals en la generació de fatiga en aquest tipus d'activitat destaquen els següents:

1. Alteracions en el substrat energètic i acumulació de metabòlits.

- Depleció de fosfocreatina i alteració en la Creatina Cinasa, cosa que es tradueix en una pèrdua de força durant l'activació muscular intensa a causa de l'excés de fòsfor inorgànic (Pi), procedent de la hidròlisi del PCr, tot inhibint d'alguna forma la freqüència i potència de l'activació muscular (Matthews, 1992).
- Depleció de Glicogen muscular, cosa que impedeix de mantenir la potència de subministrament energètic mitjançant la via glucolítica anaeròbica, la contribució de la qual, ensems amb el dèficit d'oxigen generat per la realització d'exercicis en apnea inspiratòria, (Boileau *et al.* 1984) produeixen una gran acidosi muscular per l'acumulació d'H⁺, que inhibeix progressivament la continuació de l'activació muscular. Aquests entrenaments intensos o moderats d'entre 2 i 4 hores, buiden de forma important els dipòsits de glicogen (J. L. Ivy, 1991; 2001; Jemni *et al.*, 2001).
- Augment de la concentració d'Amoni (NH₄⁺), que inhibeix el mecanisme oxidatiu i sobrecarrega els sistemes anaeròbics d'obtenció d'energia (N. Terrats, S. Padilla, 2000).

- Disminució del flux d'oxigen als teixits, principalment a causa que la realització d'exercicis invertits genera un dèficit d'oxigen més gran en la ventilació pulmonar i que durant la realització dels exercicis gimnàstics (principalment en paral·leles i anelles) el VO₂ és en general més petit que després de la seva finalització, on es realitzen freqüents activacions isomètriques en apnea inspiratòria (M. Ukran, 1978), tot incrementant la pressió intramuscular i col·lapsant d'alguna forma la circulació sanguínia intramuscular, disminuint l'aportament de nutrients i retardant l'eliminació de metabòlits a nivell muscular, cosa que afavoreix un descens del rendiment.

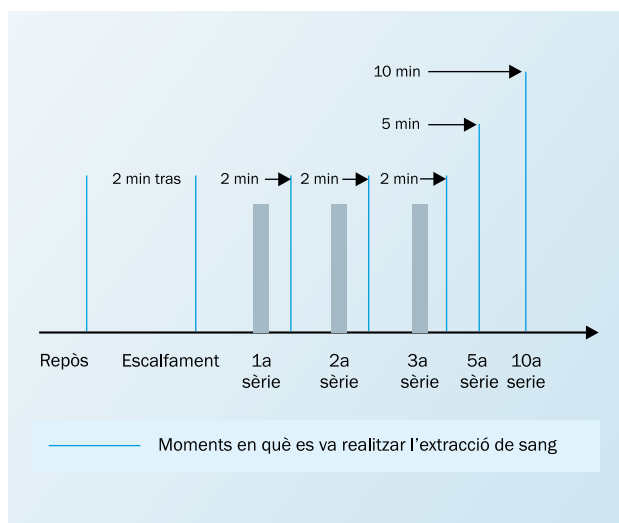
2. Augment del percentatge de participació d'aminoàcids ramificats com a substrat per a l'obtenció d'energia, en microcicles on el volum general d'entrenament sigui molt alt, amb una intensitat mitjana-alta i entrenaments de dues o tres hores, i si el consum d'hidrats de carboni contribueix menys del 50 % en les calories totals generades per la ingesta diària (N. Terrats, S. Padilla, 2000).

Per tant, en l'entrenament esportiu d'un esportista en general i d'un gimnasta en particular, sobretot en alguns nivells de rendiment (on la freqüència i la intensitat dels entrenaments són elevats, amb activacions musculars intenses i variades), una incorrecta planificació dels estats de fatiga no només pot conduir a greus errors i grans pèrdues o estancaments del nivell de rendiment específic del gimnasta, sinó que augmenta el risc de lesió per traumatismes i sobrecàrrega (M. Ukran, 1978; N. Terrats, S. Padilla, 2000).

Aquest treball, pretén de valorar la importància que pot tenir la glicòlisi anaeròbica en la producció de l'energia necessària per a la realització dels exercicis gimnàstics en diferents aparells i amb això valorar el nivell de depleció del glicogen muscular per establir estratègies de recuperació actives (descansos actius i ingesta d'aliments a nivell intrasessions i intersessions respectivament), per tal de poder garantir en major mesura la repetició dels esforços amb unes expectatives d'èxit que no estiguin condicionades per la fatiga.

Mètode

Basant-nos en els estudis de Jemni *et al.* (2000), Jemni *et al.* (2001), Jemni *et al.* (2003a) i Jemni *et al.* (2003b), per estimar la fatiga generada per la participa-

**Figura 1**

Protocol d'extracció del lactat per a cada gimnasta i aparell.

Tots els gimnastes van obtenir valors de lactat inferiors a 2 i a 3,5 mmol/l en repòs i després de 2 minuts de finalitzat l'escalfament, respectivament.

ció de la via anaeròbica làctica en 4 gimnastes masculins de dues seleccions nacionals (espanyols i romanesos) de $17,75 \pm 0,5$ anys, es va realitzar una anàlisi de la concentració de lactat en sang extreta del tou del dit índex després dels dos minuts de recuperació que seguien a la realització de cadascuna de les tres sèries d'exercicis de competició en cada aparell (anelles, terra i paral·leles), separats entre si 8 minuts i es van realitzar preses de lactat després de 5 i 10 minuts de la finalització de l'última sèrie (figura 1).

Les sèries en cada aparell es van realitzar en dies diferents, separats per un dia de descans. El mesurament del lactat es va realitzar amb l'analitzador de lactat Accusport, tires reactives, i capil·lars heparinitzats de 32 ml.

Es van calcular les mitjanes, desviacions típiques i coeficient de variació de cada una de les variables mesurades en cada grup d'edat i sexe, així com l'anàlisi de la variància de les variables, mesurades per sèrie i aparell, per tal de contrastar les diferències entre els valors obtinguts entre cada sèrie de l'exercici realitzat per aparell i entre els exercicis entre els diferents aparells en cada sèrie. Quan hi havia diferències significatives es va utilitzar el test de Sheffe per a contrastos posteriors.

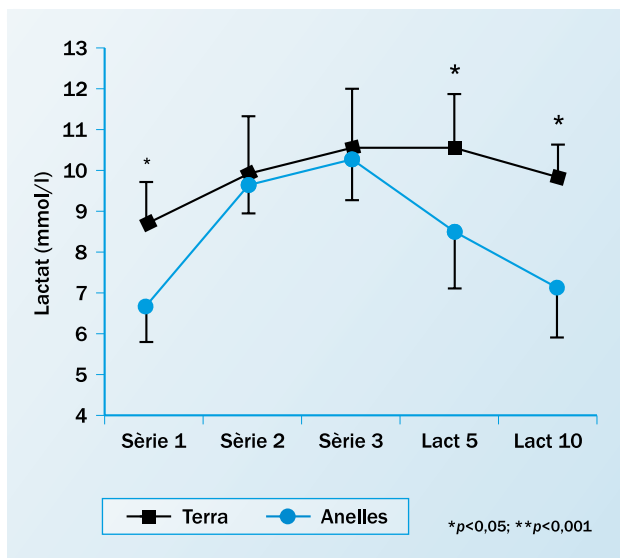
El programa informàtic utilitzat per a les operacions estadístiques va ser el SPSS v.11 per a Windows.

Resultats

Sèrie	Aparell	Mesura	Mitjana	Desv. típica	Coef. Var. (%)
Sèrie 1	Terra	Lactat	8,7	1,1	12,1
		Durada	71,3	2,6	3,7
	Anelles	Lactat	6,7	0,9	13,6
		Durada	35,3	1,9	5,4
	Paral·leles	Lactat	6,4	0,6	9,1
		Durada	31,8	1,7	5,4
Sèrie 2	Terra	Lactat	10,0	1,4	13,9
		Durada	72,3	2,2	3,1
	Anelles	Lactat	9,6	0,6	6,6
		Durada	35,3	1,9	5,4
	Paral·leles	Lactat	7,4	0,8	10,1
		Durada	34,5	1,3	3,7
Sèrie 3	Terra	Lactat	10,5	1,5	14,4
		Durada	73,3	1,9	2,6
	Anelles	Lactat	10,3	1,0	9,8
		Durada	33,0	0,8	2,5
	Paral·leles	Lactat	7,5	0,7	9,0
		Durada	35,0	2,2	6,2
Sèrie 5	Terra	Lactat	10,7	1,3	11,9
	Anelles	Lactat	8,5	1,3	15,6
	Paral·leles	Lactat	7,2	0,7	10,4
Sèrie 10	Terra	Lactat	9,9	0,8	8,0
	Anelles	Lactat	7,2	1,2	17,3
	Paral·leles	Lactat	5,8	0,7	11,5
Valors estadístics de lactat en terra en les 5 sèries			9,9	1,2	12,1
Valors estadístics del Temps de l'exercici de terra en les 3 sèries			72,3	2,2	3,1
Valors estadístics de lactat en anelles en les 5 sèries			8,4	1,0	12,1
Valors estadístics del Temps de l'exercici d'anelles en les 3 sèries			34,5	1,5	4,4
Valors estadístics de lactat en paral·leles en les 5 sèries			6,8	0,7	10,0
Valors estadístics del Temps de l'exercici de paral·leles en les 3 sèries			33,8	1,7	5,1

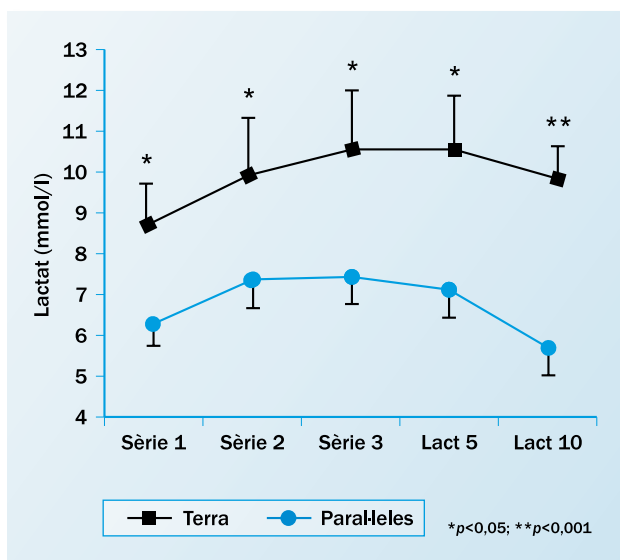
Taula 2

Valors descriptius; mitjana, desviació típica i coeficient de variació de les variables lactat i temps de durada de l'exercici en cadascuna de les tres sèries, així com el lactat mitjà després de 5 i 10 minuts de finalitzar la 3a sèrie.

**Figura 2**

Valor mitjà de la concentració de lactat en els exercicis de terra i anelles dos minuts després d'acabar cada sèrie i 5 i 10 minuts després de realitzar l'última sèrie.

Diferències significatives entre sèries d'anelles: 1-2 ($p = 0,024$), 1-3 ($p = 0,005$), 3-10 ($p = 0,014$); no hi ha diferències significatives de lactat entre els valors registrats en cada sèrie en terra.

**Figura 3**

Valor mitjà de la concentració de lactat en els exercicis de terra i paral·leles dos minuts després d'acabar cada sèrie i 5 i 10 minuts després de realitzar l'última sèrie.

Diferències significatives entre sèries de paral·leles: 3-10 ($p = 0,045$); no hi ha diferències significatives de lactat entre els valors registrats en cada sèrie en terra.

Discussió

La concentració de lactat en sang és generada per la producció que genera la intervenció de la glicòlisi anaeròbica i la seva velocitat d'aclariment (Parra *et al.*, 2000), i els nivells acostumen a ser usualment alts després de la realització d'exercicis intensos. El grau de condicionament d'utilització de les vies oxidatives i la capacitat *buffer* del subjecte poden disminuir la concentració de lactat en sang per a un mateix valor d'intensitat relativa.

En relació amb els estudis de Jemni *et al.* (2000), amb una mostra de 7 gimnastes barons de la selecció nacional francesa, Jemni *et al.* (2003a), Jemni *et al.* (2003b) amb una mostra de 12 gimnastes barons de l'equip nacional francès i els de Rodríguez *et al.* (1999) amb noies gimnastes i pel que fa a l'exercici de terra, els gimnastes d'aquest estudi van presentar nivells de lactat en sang semblants en la realització dels exercicis de competició en cada aparell (taula 2). Aquests valors suggereixen una important participació de la glicòlisi anaeròbica per a l'obtenció de gran part de l'energia necessària en la realització d'aquests esforços i que encara que la contribució d'aquesta via metabòlica varia segons l'aparell, els nivells no baixen dels 5 mmol/l després de 10 minuts de recuperació.

En relació amb els nivells mitjans de lactat trobats als exercicis realitzats en els diferents aparells, es detecten nivells més alts als exercicis de terra, anelles i paral·leles respectivament, coincidint amb els resultats obtinguts en els estudis de Goswami i Gupta (1988) en els quals, darrere d'aquells, segueixen barra fixa i cavall amb arcs.

No es troben diferències significatives entre els valors mitjans de lactat obtinguts en l'exercici de terra en cada sèrie ni després de 5 i 10 minuts de descans passiu; es mantenen valors mitjans de lactat per sobre de 8 mmol/l després de 10 minuts de descans (figura 2), cosa que pot ser relacionada amb un gran nivell de participació del metabolisme anaeròbic làctic en la producció energètica dels exercicis que es realitzen en aquest aparell.

Trobem un descens significatiu de lactat ($p = 0,014$) entre la 3a sèrie i 10 minuts de recuperació després de realitzar-la, en l'exercici de paral·leles (figura 3), possiblement a causa de la menor concentració de lactat registrat en aquest aparell.

Tanmateix, i encara que en l'exercici d'anelles i paral·leles, la demanda de força dels músculs del tren superior és més gran que la del tren inferior (a diferen-

cia de l'exercici de terra on, en general, hi ha més compensació) podem observar que no existeixen diferències significatives entre els valors obtinguts en la 3a sèrie d'anelles i 5 i 10 minuts més tard (*figura 4*), possiblement com a reflex de la major intensitat que requereixen els elements desenvolupats en aquest aparell respecte als realitzats en paral·leles.

Observem uns valors significativament superiors de lactat en totes les sèries i períodes de recuperació en terra en relació amb les paral·leles (*figura 3*), cosa que no s'esdevé de forma tan clara, però sí, en la primera sèrie i períodes de descans entre terra i anelles (*figura 2*); aquest fet pot relacionar-se amb un esforç relatiu de més intensitat i durada en els exercicis d'anelles respecte als de terra; això provocaria que encara que l'exercici de terra duri el doble, no hi hagi diferències significatives entre els valors de lactat trobats entre les sèries 2a i 3a, segurament a causa de la major intensitat relativa amb què participa la musculatura del tren superior en els exercicis d'anelles.

Com s'observa a la *taula 2*, el temps mitjà de durada dels exercicis de terra ha estat de $72,3 \pm 2,2$ segons; això dobla la durada dels exercicis realitzats en anelles i paral·leles, amb un valor mitjà de lactat de $9,9 \pm 1,2$ mmol/l. Per tant, tenint en compte els valors mitjans d'evolució del lactat després de les 3 sèries i les preses realitzades després de 5 i 10 minuts de descans a partir de l'última sèrie, les rutines de terra són les que exigeixen la via anaeròbica glucolítica a més intensitat. L. Guidetti *et al.* (2000) estima que la participació de les vies anaeròbiques en una rutina amb pilota en gimnàstica rítmica en un 51% aproximadament de l'energia total consumida, apreciada indirectament a través de l'energia equivalent al dèficit d'oxigen estimat pel major VO_2 en el component ràpid de la recuperació (ATP i fosfàtens; 9 %) i la punta màxima de lactat trobat en la recuperació (glicòlisi anaeròbica; 42 %), i en conseqüència per a un temps lleugerament inferior, i la realització d'habilitats de més potència mitjana en la rutina de terra en gimnàstica artística, és raonable esperar una major participació de la via anaeròbica làctica, sobretot en la rutina de terra, igual com una participació superior de la via anaeròbica alàctica, amb disminució de la participació de les vies aeròbiques. Aquests percentatges tendrien a augmentar a favor de les vies anaeròbiques alàctiques a mesura que realitzem exercicis fraccionats de les rutines, principalment dels aparells següents (anelles, paral·leles, barra fixa i cavall amb arcs respectivament) en reduir-se gradualment

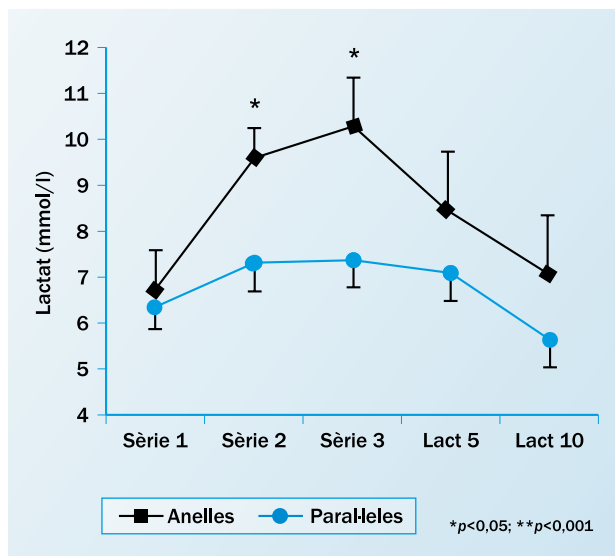


Figura 4

Valor mitjà de la concentració de lactat en els exercicis d'anelles i paral·leles dos minuts després d'acabar cada sèrie i 5 i 10 minuts després de realitzar l'última sèrie.

Diferències significatives entre sèries d'anelles: 1-2 ($p = 0,024$), 1-3 ($p = 0,005$), 3-10 ($p = 0,014$) i entre sèries de paral·leles: 3-10 ($p = 0,045$).

el temps de durada i incrementar-se/mantenir-se la intensitat relativa per unitat de temps, en general.

Tanmateix, l'aparell que exigeix en menor mesura la via anaeròbica làctica, genera valors de lactat que estan per damunt de 5 mmol/l (Goswami i Gupta, 1988), cosa que en general correspon a uns valors superiors al llindar anaeròbic (Kindermann *et al.*, 1979) i que, en aquest estudi, han estat mantinguts per períodes de temps superiors als 25 minuts, amb la realització de només 3 sèries,



Moment de l'extracció de sang capil·lar.

separades entre si vuit minuts, que oscil·len entre els 30 i els 36 segons de durada en anelles i paral·leles. Per tant, i tenint en compte les característiques dels exercicis que realitzen i la durada de les sessions d'entrenament (uns 120 minuts/sessió aproximadament), ens sembla raonable estimar que la via anaeròbica làctica participa de forma important en l'obtenció de l'energia necessària per al rendiment del gimnasta, tot facilitant amb això una important depleció de glucogen hepàtic i sobretot muscular, que hauria de ser restablert en el temps més curt possible, especialment útil en cicles on hi hagi sessions d'entrenament dobles.

També s'observen increments significatius dels valors de lactat obtinguts en la 2a i 3a sèrie de l'exercici d'anelles respecte a la primera sèrie (*figura 4*). Estudis de Saltin (1973) relacionen l'activitat desenvolupada durant la pausa intraexercici amb l'estat de fatiga en relació amb la velocitat d'eliminació de catabòlits, de manera que s'afavoreix l'eliminació de catabòlits realitzant una activitat similar a la que els genera, però a una intensitat menor, entre el 40-60 % del $\text{VO}_{2\text{màx}}$. En un altre estudi específic amb gimnastes, on descansaven 10 minuts entre cada rutina, i es prenen les mostres de lactat després de l'exercici de competició, als 2,5 i 10 minuts, es comprova que el grup de gimnastes que va realitzar 5 minuts de pausa passiva (assegut) i 5 minuts de pausa activa (fent activitats escollides pel mateix gimnasta) no només afavoria la resíntesi i l'aclariment de lactat sinó que aquests gimnastes obtenien millors puntuacions en els seus exercicis (M. Jemni, *et al.*, 2003a; 2003b).

Per tant, les pauses entre diferents exercicis hauran de ser prou llargues i actives per afavorir la resíntesi de fosfàtens. Saltin (1973) suggereix un temps de 3 a 6 minuts per a una resíntesi completa en ciclistes, després de fer un esprint de 30 segons, per la qual cosa considerem que pauses d'almenys entre 3 i 5 minuts poden ser adequades en la resíntesi del PCr en un gimnasta, sobretot en microcicles de competició i quan els exercicis no es realitzen en la seva totalitat. Quan es realitzin sencers, el temps de descans haurà d'incrementar-se per afavorir, a més a més, l'aclariment de lactat; es considera adequada la realització d'exercicis similars als realitzats en competició o durant l'entrenament, d'intensitat compresa entre el 40 i el 60 % del $\text{VO}_{2\text{màx}}$, durant la pausa i en finalitzar la part principal de la sessió, sobretot en sessions vespertines de microcicles amb doble sessió d'entrenament. Considerem que les vies anaeròbiques generen la major quantitat d'energia per a les activitats desenvolupades en

els exercicis de competició d'un gimnasta; l'anaeròbica làctica predomina fonamentalment en les rutines de terra i sobretot en determinats microcicles o mesocicles no competitius, on la càrrega suportada pot ser de gran volum i intensitat.

Respecte a la ingesta d'aliments postentrenament, Zehnder (2004) indica que per a exercicis que exigeixen activacions musculars excèntriques intenses, una dieta alta en carbohidrats no assegura una repleció tan ràpida dels nivells esmentats, probablement a causa d'un major dany cel·lular. Tanmateix, la ingesta d'hidrats de carboni d'absorció ràpida moments abans de la finalització de l'exercici, immediatament després o abans d'una hora després de finalitzar l'exercici, han demostrat ser útils per augmentar la velocitat de resíntesi de glucogen (Ivy, 1991; 2001; Blomstrand i Saltin, 1999; Burke *et al.* 2003; Burke *et al.* 2004), de manera que la ingesta d'aliments rics en carbohidrats amb un alt índex glucèmic i preferentment diluïts, immediatament després de l'exercici i amb baix contingut en proteïnes i greixos produeix una reposició més gran dels dipòsits de glucogen que quan es fa la ingesta 2 hores més tard, i això avança en el temps la recuperació del gimnasta per a una mateixa freqüència d'entrenament. És preferible ingerir els carbohidrats en forma diluïda, car afavorim la rehidratació, sobretot quan s'han pogut generar alteracions electrolítiques i deshidratació a causa d'un gran volum d'entrenament en ambients amb humitat relativa alta i elevada temperatura ambiental, que afavoreixen una pèrdua de rendiment (Ekblom, *et al.*, 1970 i J. González-Alonso, 2000).

En conclusió, i per a aquesta modalitat esportiva:

- Els requeriments metabòlics respecte a la participació de la glicòlisi anaeròbica són importants en els diferents aparells estudiats, encara que la magnitud de la participació varia en ordre decreixent des de l'exercici de terra, anelles i paral·leles, coincidint amb els resultats obtinguts per Jemni *et al.* (2000), Jemni *et al.* (2001), Jemni *et al.* (2003a), Jemni *et al.* (2003b) i Rodríguez *et al.* (1999).
- Caldria afavorir la resíntesi i l'aclariment de lactat entre els exercicis realitzats en entrenament i en competició, mitjançant la realització d'exercicis semblants als realitzats en competició, de moderada a baixa intensitat, repartits durant la pausa.
- L'estimulació de la repleció dels dipòsits de glucogen muscular hepàtic i muscular en el més curt temps possible després de cada entrenament, poden

ser estratègies importants a tenir en compte com a part de la preparació biològica del gimnasta, que el predisposi a un estat de rendiment potencialment més òptim, tot possibilitant unes majors expectatives de rendiment.

- Aquestes estratègies podrien ajudar els entrenadors en l'optimització de l'estat de rendiment dels seus gimnastes, sobretot en determinats períodes relativament propers a la competició, on els gimnastes realitzen de 2 a 5 vegades cada exercici de competició.

Bibliografia

- Barbany, J. R. (1990). *Fundamentos de Fisiología del ejercicio y del entrenamiento*. Barcelona: Barcanova.
- Boileau, R. A.; McKeown, B. C. i Ryner, W. F. (1984). Cardiovascular and metabolic contributions to the maximal aerobic power of the arms and legs. *Int J Sports Cardiol.* 1, 67-75.
- Blomstrand E. i Saltin B. (1999). Effect of muscle glycogen on glucose, lactate and amino acid metabolism during exercise and recovery in human subjects. *J Physiol.* 1999 Jan 1;514 (Pt 1):293-302
- Burke L. M., Kiens, B. i Ivy, J. L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *J Sports Sci.* 2004 Jan;22(1):15-30.
- Burke L. M.; Slater, G.; Broad, E. M.; Haukka, J.; Modolon, S i Hopkins, W. G. (2003). Eating patterns and meal frequency of elite Australian athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003 Dec;13(4):521-38.
- Eklom, B.; Greenleaf, C. J. i Hermansen, L. (1970). Temperature Regulation during exercise dehydration in man. *Acta Physiologica Scandinavica. Suppl.* 454: 1-32
- Gandevia, S. C.; Allen, G. M.; Butler, J. E. i Taylor, J. L. (1990). Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *Journal of Physiology*, 490 (2): 529-536.
- González-Alonso, J. (2000). El ejercicio físico en ambientes con temperaturas extremas: Importancia para el entrenamiento y el rendimiento deportivo. *III Jornadas de formación para técnicos andaluces. Fundación Andalucía Olímpica*. Málaga.
- Goswami, A. i Gupta, S. (1998). Cardiovascular stress and lactate formation during gymnastic routines. *J Sport Med Phys Fitness.* Dec;38(4):317-22.
- Green, H. J. (1987). Neuromuscular aspects of fatigue. *Can Journal Sports Sci* 12 (1), 7S-19S.
- Ivy J. L. (2001). Dietary strategies to promote glycogen synthesis after exercise. *Can J Appl Physiol.* 2001;26 Suppl: S236-45.
- Ivy, J. L. (1991). Muscle glycogen synthesis before and after exercise. *Sports Medicine.* 11 (1): 6-19
- Jemni, M.; Friemel, F.; Lechevalier, J. M. i Origas, M. (2000). Heart rate and blood lactate concentration analysis during a high-level men's gymnastics competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 389-394.
- Jemni, M.; Friemel, F.; Sands, W. i Mikesky, A. (2001). Evolution of the physiological profile of gymnasts over the past 40 years. A review of the literature. *Can J Appl Physiol*, 26(5), 442-56.
- Jemni M. i Sands W. (2003a). Active recovery during gymnastics session. *Elite Gymnastics Journal.* 26(5): 19-26
- Jemni, M.; Sands, W. A.; Friemel, F. i Delamarche, P. (2003b). Effect of active and passive recovery on blood lactate and performance during simulated competition in high level gymnasts. *Can Journal Applied Physiol.* Apr; 28 (2): 240-56.
- Kindermann, W.; Simon, G. i Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur Journal Applied Physiol* 42: 25-34.
- Matthews, G. G. (1992). *Fisiología celular del nervio y el músculo*. Madrid: Interamericana-McGraw-Hill.
- Parra, J.; Cdefau, J. A.; Amigo, N. i Cusso, R. (2000). The distribution of rest periods affects performance and adaptation of energy metabolism induced by high intensity training human muscle. *Acta Physiol Escand.* 169 (2), 157-260.
- Platonov, V. N. (1991). *La adaptación en el deporte*. Barcelona. Paidotribo.
- Rodríguez, F. A. i Marina, M. (1999). Physiological demands of women's competitive gymnastic routines. *Fourth Annual Congress of the European College of Sports Science: Sport Science '99 in Europe* (p. 430). Rome: ECSS.
- Saltin, B. (1973). Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 5: 137-146.
- Terrados, N. i Padilla, S. (2000). *Medios y métodos de recuperación del entrenamiento y la competición*. Mòdul 2.4.4. del Màster en Alto Rendimiento Deportivo. Centro Olímpico de Estudios Superiores. Comité Olímpico Español. Universidad Autónoma. Madrid.
- Ukran, M. L. (1978). *Gimnasia Deportiva*. Zaragoza. Acribia.
- Zehnder M.; Muelli M.; Buchli, R.; Kuehne, G. i Boutellier, U. (2004). Further glycogen decrease during early recovery after eccentric exercise despite a high carbohydrate intake. *Eur J Nutr.* 2004 Jun;43(3):148-59. Epub 2004 Jan 06.